

2013年3月31日

国際研究集会参加報告書

報告内容：MITにおける“The 8th Workshop on Reactive Metal Processing (RMWS)”でのポスター発表および研究交流

東京大学教養学部前期課程理科I類1年
東京大学生産技術研究所
岡部徹研究室所属研究実習生（平成25年1月1日-同年3月31日）
平成24年度夏学期UROP受講生
西村 啓吾

はじめに

2013年3月8日から9日の2日間にわたりアメリカ合衆国マサチューセッツ工科大学 (MIT) (Fig. 1) において開催された “The 8th Workshop on Reactive Metal Processing (RMW8)” に参加した。本稿では、行った研究発表および研究交流について報告する。

RMW8 への参加とポスター発表

今年で第 8 回目を迎える本会合は、活性金属の材料プロセスを専門とする研究者及び学生が研究討議を行う国際ワークショップである。今年度の主催者は、MIT の Donald R. Sadoway 教授、東京大学生産技術研究所の岡部徹教授、京都大学の野平俊之准教授であった。参加者は計 73 人であり、20 件の口頭発表と 16 件のポスター発表が行われた。

本会合で筆者は、会合の運営に携わるとともに、ワークショップ初日に行なわれたポスターセッションにおいて、“Dry Recycling Process of Rare Earth Elements from Alloy Magnets” と題する 3 分間の口頭による発表(ショートプレゼンテーション) (Fig. 2) とポスター発表 (Fig. 3) を行った。発表内容は、レアアース合金磁石からのレアアースの乾式リサイクルプロセスの開発に関する研究をまとめたものである。この研究は、筆者が高校 1 年生の時に、独立行政法人 科学技術振興機構 (JST) 主催、東京大学においては生産技術研究所 大島まり教授が企画された「未来の科学者養成講座」で取り組んだ研究を基盤に研究内容を更新したものである。本研究は、廃液を排出しない乾式法によるレアアース元素の回収を目指した基礎研究である。ネオジム磁石合金からレアアース元素をリサイクルする現行のプロセスである湿式法は、廃液処理の問題とそれに伴う環境汚染の問題を抱えている。これらの問題を解決することを目的に、環境規制が厳しい日本でも行うことができる廃液が出ない環境調和型のリサイクル技術の開発を行った。具体的には、Nd-Fe-B 磁石合金を 1000°C の高温で金属マグネシウムに浸漬し、磁石合金中に含まれるレアアース元素とマグネシウムとの高い親和性を利用して、レアアース元素のみをマグネシウム中に抽出する実験を行った。一連の結果について報告を行い、新しいリサイクル技術の開発の方向性と展望を示した。

ポスター発表では、MIT の Sadoway 研究室の研究者および学生らと筆者の研究に関する活発な議論を行った。また、Boston University や東北大学から参加された先生方および他の多くの専門家の方々から研究に関する質疑のほかご助言や温かい激励のお言葉をいただいた。

なお、筆者の本活動は、「平成 24 年度部局長裁量経費による研究教育活動支援公募」(生産技術研究所の所内公募) に採択された助成テーマ「UROP 受講生に対するタフでグローバルな人材育成支援」により経済的な支援を受けて行われたものである。

海外の学生および研究者との交流

2 日間にわたる会合を通して、海外から参加した若手研究者ら（主に MIT、Boston University の学生やポスドク研究員）と交流を行った。

まず、上述の通りポスター発表において海外の若手研究者らと活発な交流を行い、研究に関する有益な情報交換を行った。

さらには、会合初日の夜に催されたバンケットにおいて、テーブルに同席した海外の学生・研究者らと気軽なおしゃべりから将来の進路についての様々な会話を通じて、それぞれ国や環境の異なる同世代の学生らと国際的な交流を深めることができた (Fig. 4)。

おわりに

まず、国際研究集会の渡航助成の獲得にご尽力下さった東京大学生産技術研究所 岡部徹研究室 岡部徹教授、谷ノ内勇樹助教にこの場を借りて深い感謝の意を表す。

続いて、ポスター発表 (Fig. 5) の準備に多大なるご指導ご協力を下さった同研究室 岡部徹教授、野瀬勝弘特任助教、谷ノ内勇樹助教、姜正信氏、松谷康平氏、吉村彰大氏、鈴江晃也氏にこの場を借りて深い感謝の意を表す。

渡航に際して様々な面でサポートして下さった岡部徹研究室の秘書の宮寄智子女史、稲葉知子女史、三浦有紀子女史、生産技術研究所の事務部の方々にこの場を借りて深い感謝の意を表す。

最後に、「平成 24 年度部局長裁量経費による研究教育活動支援」を通じ今回の貴重かつ有意義な経験を積む機会を与えて下さった生産技術研究所所長の中埜良昭先生をはじめとする関係者の皆様にこの場を借りて心から感謝の意を申し上げる次第である。



Fig. 1 MIT の外観



Fig. 2 口頭発表中の筆者.

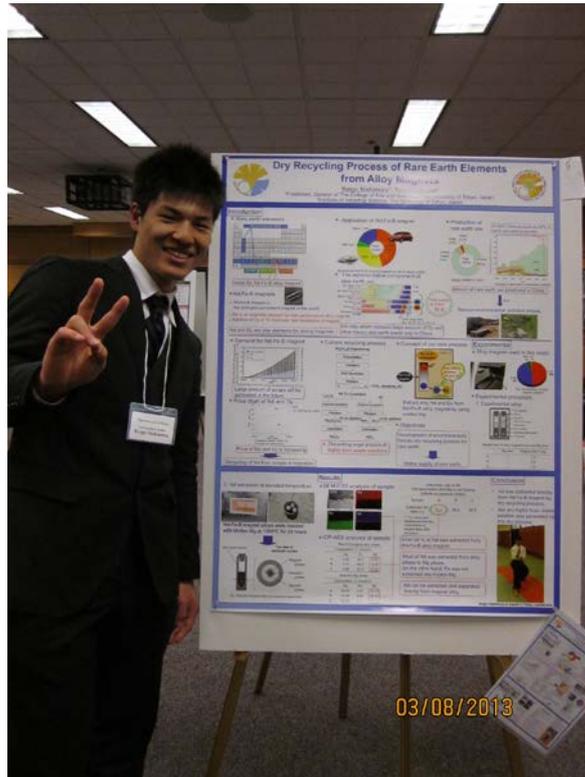


Fig. 3 ポスター発表中の筆者.



Fig. 4 Banquet での若手研究者たちとの交流の様子.



Dry Recycling Process of Rare Earth Elements from Alloy Magnets

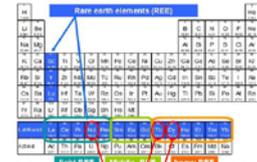
Keigo Nishimura¹, Toru H. Okabe²

¹Freshman, Division of The College of Arts and Sciences, The University of Tokyo, Japan;
²Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan.



Introduction

Rare earth elements



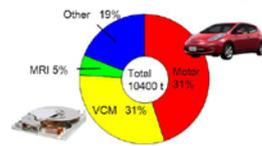
Used for Nd-Fe-B alloy magnet

Nd-Fe-B magnets

- Nd-Fe-B magnet is the strongest permanent magnet in the world.
- Nd is an essential element for high performance alloy magnet.
- Addition of Dy or Tb improves heat resistance of magnet.

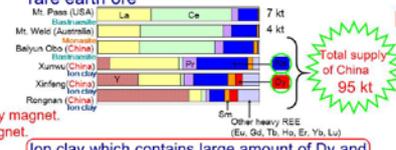
Nd and Dy are vital elements for strong magnets.

Application of Nd-Fe-B magnet



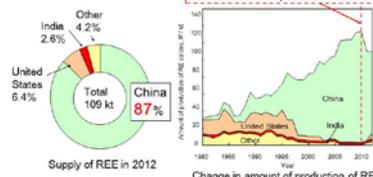
Demand for Nd-Fe-B sintered magnet by use in Japan (2008).

The representative component of rare earth ore

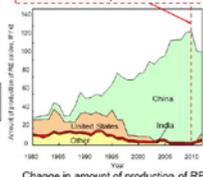


Ion clay which contains large amount of Dy and other heavy rare earth exist only in China.

Production of rare earth ore



In 2010, China accounts for 97% of world rare earth production.



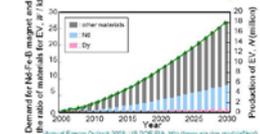
Almost all rare earth are produced in China.

But....

Serious environmental pollution occurs.

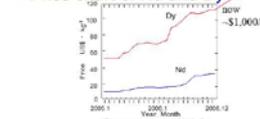


Demand for Nd-Fe-B magnet



Large amount of scraps will be generated in the future.

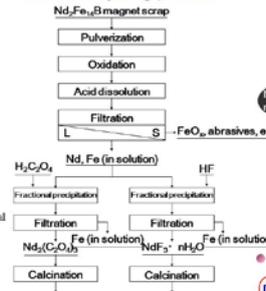
Price chart of Nd and Dy



Price of Nd and Dy is increasing

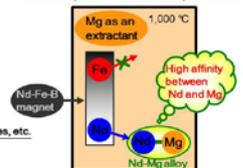
Recycling of Nd from scraps is important.

Current recycling process



Discarding large amount of highly toxic waste solutions

Concept of our new process



Extract only Nd and Dy from Nd-Fe-B alloy magnet by using molten Mg.

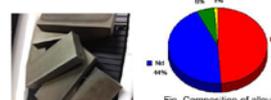
Objectives

Development of environmentally friendly dry recycling process for rare earth.

Stable supply of rare earth.

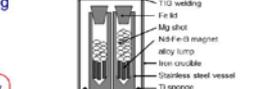
Experimental

Alloy magnet used in this study



Experimental procedure

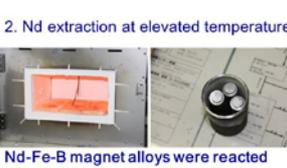
1. Experimental setup



Weight ratio of alloy magnet lump and Mg shot

	Mg shot	Magnet alloy lump
A	1	1.5
B	1	2.0
C	1	2.5

2. Nd extraction at elevated temperature.



Nd-Fe-B magnet alloys were reacted with Molten Mg at 1000°C for 24 hours.

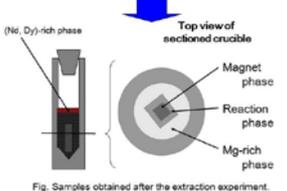
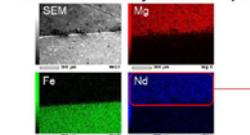


Fig. Samples obtained after the extraction experiment.

Results

SEM-EDS analysis of sample



ICP-AES analysis of sample

Result in magnet alloy phase			
Composition, C, (mass%)			
	Mg	Fe	Nd
A	0.82	96.1	3.07
B	1.11	93.7	5.19
C	0.64	92.6	6.75

Result in Mg phase			
Composition, C, (mass%)			
	Mg	Fe	Nd
A	62.65	0.87	35.79
B	62.38	0.00	36.97
C	53.35	0.35	45.41

Extraction rate of Nd

(On assumption that Mg is not flowing outside as gaseous phase)

Sample	A	B	C
Extracted Nd ratio (%)	83.2	88.5	85.0

*1 The value was determined from the composition of magnet alloy after extraction.

Over 90 % of Nd was extracted from Nd-Fe-B alloy magnet.

Most of Nd was extracted from alloy phase to Mg phase. On the other hand, Fe was not extracted into molten Mg.

Nd can be extracted and separated directly from magnet alloy

Conclusion

- Nd was extracted directly from Nd-Fe-B magnet by dry recycling process.
- Not any highly toxic waste solution was generated by this dry process.



Keigo Nishimura is expert of Taicho, martial arts.

Fig. 5 ポスター発表時に展示した筆者の研究発表ポスター (実際のサイズは A0) .